

Untersuchungen der Lungenfunktion
in Ruhe bei Jugendlichen im Alter
von 9 bis 18 Jahren;
Vergleich zwischen Sportlern
und Untrainierten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des
Doktorgrades der Medizin

der Fachbereiche

5 vorklinische und theoretische Medizin und

6 klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Vorgelegt von
PETER LANZER

Prerov

1981



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555408_0028

Aus der Medizinischen Klinik des Kreiskrankenhauses
in Herford (Chefarzt: Prof. Dr. E.-F. Gersmeyer)

In Verbindung mit der Medizinischen Klinik und
Poliklinik der

Westfälischen Wilhelms-Universität Münster,
Abteilung Innere Medizin A (Direktor: Prof. Dr. J.
van de Loo)

UNTERSUCHUNGEN DER LUNGENFUNKTION IN RUHE BEI
JUGENDLICHEN IM ALTER VON 9 BIS 18 JAHREN;
VERGLEICH ZWISCHEN SPORTLERN UND UNTRAINIERTEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Fachbereiche

- 5 vorklinische und theoretische Medizin und
- 6 klinische Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Vorgelegt von

Peter Lanzer

Prerov

1981

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

DEKAN : Prof. Dr. M. Themann

1. Berichterstatter : Priv.-Doz. Dr. R. Meister

2. Berichterstatter : Prof. Dr. J. van de Loo



Aus der Medizinischen Klinik des Kreiskrankenhauses in Herford
(Chefarzt: Prof. Dr. E.-F. Gersmeyer) in Verbindung mit der Medi-
zinischen Klinik und Poliklinik der
Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster,
Abteilung Innere Medizin A (Direktor: Prof. Dr. J. van de Loo)

Referent: Priv.-Doz.Dr.R.Meister Korreferent: Prof. Dr.J. van de Loo

ZUSAMMENFASSUNG

Name: Peter Lanzer

Titel der Dissertation: UNTERSUCHUNGEN DER LUNGENFUNKTION IN RUHE
 BEI JUGENDLICHEN IM ALTER VON 9 BIS 18
 JAHREN; VERGLEICH ZWISCHEN SPORTLERN UND
 UNTRAINIERTEN

Text der Zusammenfassung:

Es wurde der Einfluß des körperlichen Trainings auf die Entwicklung der Lungenfunktion im Wachstumsalter untersucht. Für die Studie stellten sich 136 gesunde Jugendliche im Alter von 9 bis 18 Jahren zur Verfügung. Sportler und Nichtsportler wurden vergleichend gegenübergestellt. Das Kollektiv der Trainierten wurde von 32 Jungen und 34 Mädchen gebildet, die Gruppe der Untrainierten bestand aus 40 Jungen und 30 Mädchen.

Als Parameter der Lungenfunktion wurden die statischen und dynamischen Lungenvolumina, der bronchiale Strömungswiderstand, die "statische" Compliance der Lunge und die Co-Diffusionskapazität ermittelt.

Die Untersuchung ergab, daß zwischen Leistungssportlern (Schwimmer) und Untrainierten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die untersuchten Lungenfunktionsparameter bestehen. Diese Feststellung gilt gleichermaßen für weibliche und männliche Sportler.

Tag der Promotion: 10.03.1981



INHALT	SEITE
1. EINLEITUNG	1 - 2
2. UNTERSUCHUNGSGUT	2 - 4
3. METHODIK	
3. 1. UNTERSUCHUNGSABLAUF	4
3. 2. APPARATIVE MESSTECHNIK	5 - 8
4. ERGEBNISSE	
4. 1. ANTHROPOMETRISCHE DATEN; KOLLEKTIVVERGLEICH	8 - 13
4. 2. MITTELWERTE DER LUNGENFUNKTIONS- PARAMETER; KOLLEKTIVVERGLEICH	14 - 16
4. 3. ABHÄNGIGKEIT DER LUNGENFUNKTIONS- PARAMETER VON DEN PHYSIOLOGISCHEN EINFLUSSGRÖSSEN	
4. 3. 1. KOLLEKTIVVERGLEICH	17 - 19
4. 3. 2. INTERINDIVIDUELLER VERGLEICH	20 - 27
4. 4. BEZIEHUNGEN DER LUNGENFUNKTIONS- PARAMETER UNTEREINANDER	28 - 33
5. DISKUSSION	
5. 1. STATISCHE UND DYNAMISCHE LUNGEN- VOLUMINA	34 - 38
5. 2. RESISTANCE UND CONDUCTANCE	39
5. 3. COMPLIANCE	40
5. 4. CO-DIFFUSIONSKAPAZITÄT	41 - 42
6. SCHLUSSFOLGERUNGEN	43 - 44
7. ZUSAMMENFASSUNG	44 - 45
8. ABKÜRZUNGEN	46
9. LITERATURVERZEICHNIS	47 - 54
10. DANKSAGUNG	55
11. LEBENS LAUF	56

1. EINLEITUNG

75 Jahre nach Einführung der Spirometrie durch HUTCHINSON (41) publizierten EMERSON und GREEN (18) die erste umfassende Studie über das Verhalten der Vitalkapazität bei Kindern.

Gegenstand einer systematischen Forschung wurde die kindliche Lungenfunktion erst Ende der vierziger Jahre, nachdem sich das Verständnis der atmungsphysiologischen Gesetzmäßigkeiten vertieft hatte (14) und weitere apparative Fortschritte in der Meßtechnik erreicht worden waren (63).

In der Folgezeit wurde die Basis für die moderne Funktionsdiagnostik erarbeitet und ein großes Spektrum an Daten über die kindliche Lunge gewonnen (17, 29, 36, 37, 49, 51, 52, 62, 63, 64, 65).

Übereinstimmend fanden die Autoren Abhängigkeit der Lungenfunktions-Parameter von den anthropometrischen Größen, dem Alter und Geschlecht des Individuums (36, 63, 76).

Neben den biologischen Wachstums- und Differenzierungsvorgängen scheinen auch andere Faktoren einen modifizierenden Einfluß auf die Entwicklung der Lungenfunktion auszuüben (70). Aus medizinischer Sicht ist die Frage nach dem Stellenwert des körperlichen Trainings in der funktionellen Gesamtentwicklung des Atemapparates bei Jugendlichen besonders interessant. Gerade in der heutigen Zeit technisierter Zivilisation mit Bewegungsarmut einerseits und nervöser Überbeanspruchung andererseits ist es wichtig, die Bedeutung von Sport für die Funktionstüchtigkeit

und Entwicklung der Atmungsorgane zu kennen und die Erkenntnisse im Rahmen des Schulsports, der Praeventiv-Medizin und der Rehabilitation praktisch zu verwerten.

Die Auswirkungen von körperlichem Training auf die Lungenfunktion bei Jugendlichen wurden verschiedentlich untersucht. Die Mitteilungen in der Literatur sind jedoch nicht einheitlich und teils sogar kontrovers (1, 4, 6, 7, 19, 30, 31, 32, 40, 60, 73). Eine abschließende Beurteilung des Trainingseffektes auf die Lungenfunktion ist daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

Mit der vorliegenden Untersuchung soll ein Beitrag zum Thema "Körperliches Training und Lungenfunktion" geleistet werden. Im Mittelpunkt der Arbeit steht der Vergleich von jugendlichen Leistungssportlern und gleichaltrigen Untrainierten. Die Studie beschränkt sich auf die Untersuchung des Trainingseffektes auf die Parameter der Lungenfunktion in Ruhe.

2. UNTERSUCHUNGSGUT

Zur Untersuchung gelangten 136 gesunde Jugendliche im Alter von 9 - 18 Jahren. Lungenkrankheiten und ernstere Allgemeinleiden wurden anamnestisch ausgeschlossen. 72 = 53 % der Untersuchten waren Jungen, 64 = 47 % Mädchen. Das Sportlerkollektiv setzte sich aus 32 Jungen und 34 Mädchen, das Normalkollektiv aus 40 Jungen und 30 Mädchen zusammen.

Bei den Sportlern handelte es sich um Schwimmer aus Herford (Turngemeinde und Sportclub Herford) und aus Bielefeld (Wasserfreunde Bielefeld).

Die Schwimmer aus Bielefeld trainierten seit 2 bis 10 Jahren mit 2 bis 4 ca. anderthalbstündigen Trainingseinheiten mit einem Gesamtumfang bis maximal 10.000 bis 11.000 m pro Woche.

Die Schwimmer aus Herford standen im Training seit 1 bis 6 Jahren mit 2 bis 4 ca. einstündigen Trainingseinheiten und einem Gesamtumfang von 8.000 bis 10.000 m wöchentlich. Ein zusätzliches Trockentraining wurde nicht absolviert. Das durchschnittliche Leistungsniveau der Sportler entsprach dem einer Bezirksklasse.

Das Normalkollektiv rekrutierte sich aus den Schülern des Friedrichs-Gymnasiums und der Ernst-Barlach-Realschule aus Herford. Die sportlichen Aktivitäten dieser Gruppe beschränkten sich auf den Schulsport und gelegentlichen Freizeitsport, Leistungssport wurde nicht betrieben.

Die Teilnahme an den Lungenfunktionstests war freiwillig und erfolgte mit Einverständnis der Eltern bzw. der Erziehungsberechtigten.

Die Kollektive der Sportler und Nichtsportler wurden unter dem Gesichtspunkt der Vergleichbarkeit hinsichtlich der anthropometrischen Größen und des Alters zusammengestellt.

Die Studie beschränkte sich auf Untersuchung von Leistungssportlern. Hochleistungssportler wurden nicht mit einbezogen.

Um das Kollektiv der Sportler möglichst homogen zu gestalten, wurden nur Sportler einer Sportart untersucht.

3. METHODIK

3. 1. UNTERSUCHUNGSABLAUF

Alle Messungen fanden am Nachmittag, zwischen 14.00 Uhr und 18.00 Uhr statt. Die Kinder kamen paarweise zur Untersuchung. Nach Erhebung der Anamnese, Wiegen und Messen wurden die einzelnen Untersuchungsschritte erklärt. Es wurde versucht, einer Erwartungsangst durch detaillierte Hinweise an die Älteren und durch Betonung der spielerischen Aspekte der einzelnen "Pusteübungen" bei den Jüngeren vorzubeugen, bzw. die aufgetretene Anspannung durch Abbruch der Messung und Neuanfang nach nochmaliger Erklärung und Erholung abzubauen. Zwei Angstmomente gelang es nicht immer ganz auszuschalten: die plötzliche Unterbrechung der Luftzufuhr bei der TGV-Bestimmung und das Platzieren der oesophagealen Drucksonde bei der Compliance-Messung.

Sämtliche Untersuchungen wurden sitzend nacheinander vorgenommen.

3. 2. APPARATIVE MESSTECHNIK

STATISCHE UND DYNAMISCHE LUNGENVOLUMINA

Die Lungenvolumina wurden im offenen System mittels elektronisch integrierter Pneumatographie bestimmt (Pneumatograph Pulmorex SMB der Firma DR. FENYVES & GUT, BASEL/SCHWEIZ).

Bei entspannter Atmung nach Erreichen der Atemruhelage wurde die Vitalkapazität als maximale Inspiration nach vorausgegangener tiefster Expiration direkt registriert. Zur Auswertung gelangte jeweils der Höchstwert.

Das Residualvolumen ergab sich aus der Differenz zwischen dem thorakalen Gasvolumen und dem expiratorischen Reservevolumen.

Die Totalkapazität wurde als Summe der Vitalkapazität und des Residualvolumens ermittelt.

Das Atemminutenvolumen wurde als Produkt aus Atemfrequenz und dem mittleren Atemzugvolumen errechnet.

Die 1-Sekundenkapazität wurde als das nach maximaler Inspiration in 1 Sekunde möglichst schnell ausgeatmetes Volumen abgelesen. Der beste aus 3 Versuchen wurde ausgewertet.

Die maximale mittelexpiratorische Atemflußstärke wurde in üblicher Weise aus dem forcierten Expirogramm ermittelt (13).

ATEMWEGSWIDERSTAND UND THORAKALES GASVOLUMEN

Für die Bestimmung der Resistance und des thorakalen Gasvolumens stand ein druckkonstanter "offener" Ganzkörperplethysmograph zur Verfügung (Pulmorex SMB der Firma DR. FENYVES & GUT, BASEL/SCHWEIZ).

Das thorakale Gasvolumen wurde bei ruhiger Atmung bei verschlossenen Atemwegen nach der Tempogabe des Metronoms ermittelt. Von den zumindest 3 aufgezeichneten Diagrammen wurde das beste ausgewertet.

Zur Berechnung der Resistance wurden bei beschleunigter Atmung nach Tempogabe des Metronoms jeweils mehrere Atemschleifen aufgezeichnet. Der bronchiale Strömungswiderstand wurde gemäß den Empfehlungen von FERLINZ (27) bei einer Atemstromstärke von 0.5 l pro Sekunde ermittelt. Die formanalytische Kurvenauswertung erfolgte nach Angaben von ULMER (72).

COMPLIANCE DER LUNGE

Die atemsynchronen transpulmonalen Druckschwankungen wurden in üblicher Weise mit einem Ösophagus-Ballonkatheter erfaßt und an ein Elektromanometer mit kapazitativem Differenzdruckwandler und nachfolgendem Verstärker übertragen. Die Volumina wurden pneumographisch mittels elektronischer Integration ermittelt.

Der Ballon der Oesophagusdrucksonde wurde mit 1 ml Luft gefüllt (29) und nach Angaben von HÜTTER (36) im unteren Oesophagusdrittel plaziert. Bei langsamer Einatmung unter quasi "statischen" Bedingungen wurden zumindest 12 Druck-Volumenkurven registriert. Der Mittelwert der drei besten Diagramme wurde ausgerechnet.

CO-DIFFUSIONSKAPAZITÄT (CO-TRANSFERFAKTOR)

Die Co-Diffusionskapazität wurde nach der 1-Atemzug-Methode gemäß den Angaben von COTES (15) gemessen.

Für die Bestimmung diente die Apparatur nach Prof. HILPERT, die aus einer Ventileinheit mit den Atembeuteln und einer Steuereinheit mit der Elektronik besteht (Firma DR. FENYVES & GUT, BASEL/SCHWEIZ).

Nach maximaler Expiration atmete der Proband maximal ein Co-He-Luft-Gas-Gemisch ein und verharnte während 8 Sekunden in Apnoe. Von dem Expirat wurde jeweils das Totraumvolumen verworfen und ein Teil des darauffolgenden Expirationsvolumens analysiert. Bei einem mißlungenen Versuch wurde die Messung einmal wiederholt.

Während aller Registrierungen wurde die Nasenatmung durch eine Nasenklemme verhindert.

Bei den Messungen der Resistance und des thorakalen Gasvolumens waren die Atemwege des Probanden über ein Mundstück mit dem BTPS-Atembeutel verbunden.

Bei allen Messungen wurde das Einhalten der Atemruhelage auf einem parallel geschalteten XY-Koordinaten-Schreiber kontrolliert.

4. ERGEBNISSE

4. 1. ANTHROPOMETRISCHE DATEN, KOLLEKTIVVERGLEICH

In den Tabellen 1 und 2 sind die Mittelwerte der physiologischen Einflußgrößen: Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Broca-Index, Körperoberfläche vergleichend gegenübergestellt. Wie aus den Daten hervorgeht, unterscheiden sich die anthropometrischen Größen der Nichtsportler und Sportler statistisch nicht signifikant, so daß die Vergleichbarkeit der Kollektive gegeben ist.

Das individuelle Verteilungsmuster einzelner Bezugsgrößen ist in den Abbildungen 1 bis 5 geschlechtsgetrennt für Nichtsportler und Sportler dargestellt.

Es zeigt sich, daß die Verteilungsmuster in den gleichgeschlechtlichen Gruppen ähnlich sind, so daß die Kollektive nicht nur hinsichtlich der Mittelwerte (Tabelle 1 und 2), sondern auch in Bezug auf die Verteilung der Einzelwerte vergleichbar sind. Die aus den Abbildungen 1 bis 5 sichtbaren Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Nichtsportlern bzw. Sportlern sind für die nachfolgenden Analysen bedeutungslos, da sich der Vergleich auf die Gegenüberstellung der Nichtsportler und Sportler gleichen Geschlechts beschränkt.

Alle Probanden liegen mit ihrer Körpergröße und ihrem Körpergewicht in Bezug auf das Alter im Bereich der Sollwertgrenzen des Somatogrammes nach KUNZE und MURKEN (46).

	Nichtsportler (n = 40)	Sportler (n = 32)	Gruppenvergleich Signifikanz
Alter (Jahre)	13,7 $\pm$ 2,9	13,3 $\pm$ 2,2	n.s.
Größe (m)	1,64 $\pm$ 0.19	1,61 $\pm$ 0.15	n.s.
Gewicht (kg)	53,9 $\pm$ 17,4	52,3 $\pm$ 16,0	n.s.
Broca-Index (%)	84,5 $\pm$ 11,0	84,5 $\pm$ 10,0	n.s.
Körperoberfläche (m ²)	1,56 $\pm$ 0.34	1,52 $\pm$ 0.29	n.s.

Tab. 1

Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.
Angabe der Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzen
für das Alter und die wichtigsten anthropometrischen Größen.

	Nichtsportler (n = 30)	Sportler (n = 34)	Gruppenvergleich Signifikanz
Alter (Jahre)	13,9 $\pm$ 2,6	12,8 $\pm$ 2,3	n.s.
Größe (m)	1,60 $\pm$ 0.10	1.56 $\pm$ 0.10	n.s.
Gewicht (kg)	50.1 $\pm$ 10.0	47 $\pm$ 10.4	n.s.
Broca-Index (%)	82,7 $\pm$ 9.3	82,4 $\pm$ 8.0	n.s.
Körperoberfläche (m ²)	1.49 $\pm$ 0.19	1.43 $\pm$ 0.20	n.s.

Tab. 2

Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.
Angabe der Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanzen
für das Alter und die wichtigsten anthropometrischen Größen.

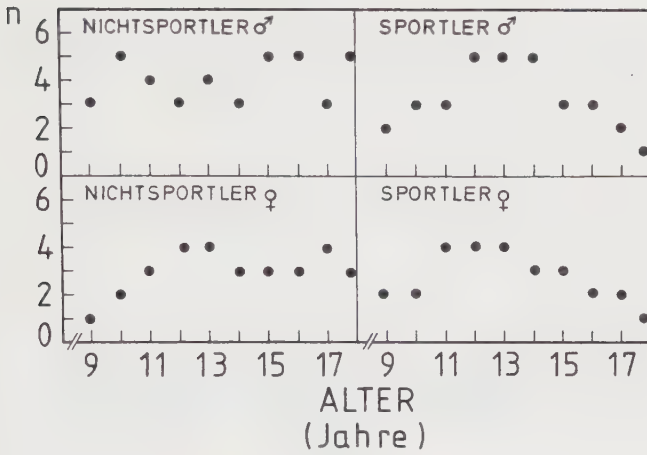


Abb. 1 Altersverteilung bei Nichtsportlern und Sportlern unter getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes.

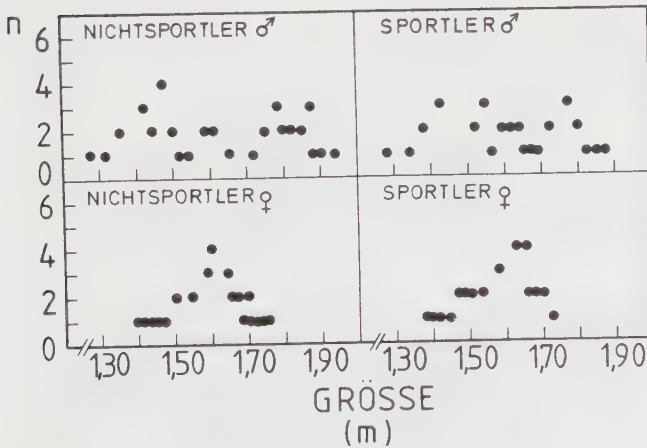


Abb. 2 Häufigkeitsverteilung der Körpergröße bei Nichtsportlern und Sportlern unter getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes.



Abb. 3 Häufigkeitsverteilung des Körpergewichts bei Nichtsportlern und Sportlern unter getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes.

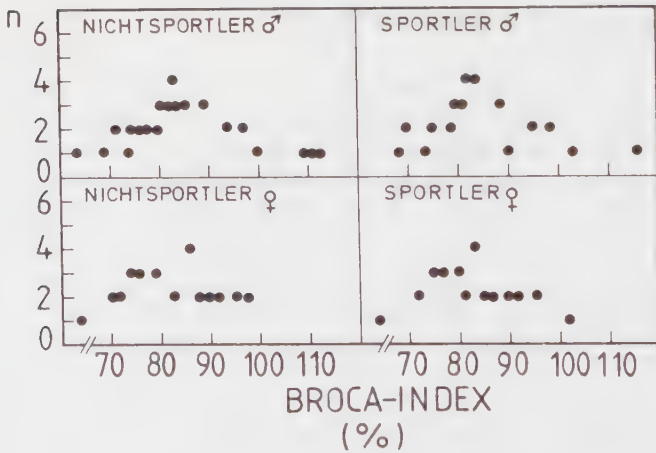


Abb. 4 Häufigkeitsverteilung des Broca-Indexes bei Nichtsportlern und Sportlern unter getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes.

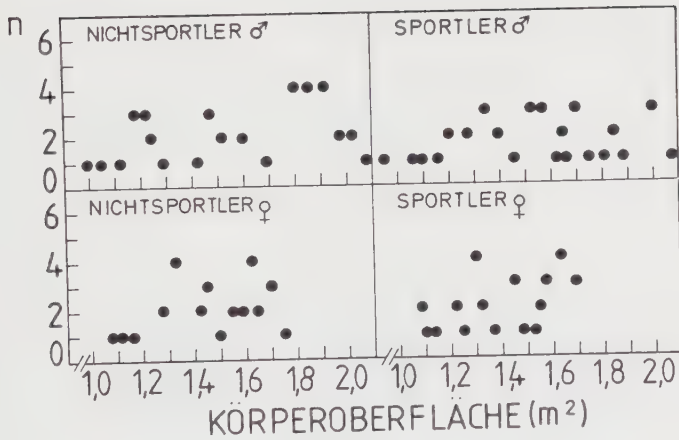


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung der Körperoberfläche bei Nichtsportlern und Sportlern unter getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes.

4. 2. MITTELWERTE DER LUNGENFUNKTIONS-PARAMETER; KOLLEKTIVVERGLEICH

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte mit Standardabweichungen aller untersuchten Lungenfunktionsgrößen der männlichen Kollektive aufgeführt. Der Gruppenvergleich Nichtsportler - Sportler ergibt in keinem Parameter signifikante Abweichungen.

Wie Tabelle 4 ausweist, besteht auch bei den Mädchen zwischen den Sportlern und Nichtsportlern kein signifikanter Unterschied.

		Nichtsportler (n = 40)	Sportler (n = 32)	Gruppenvergleich Signifikanz
VT	(l)	0.70 $\pm$ 19	0.68 $\pm$ 0.20	n.s.
f	(l/min)	19 $\pm$ 6	19 $\pm$ 5	n.s.
V'min	(l)	12,9 $\pm$ 3,2	12,2 $\pm$ 2.7	n.s.
VC	(l)	3.79 $\pm$ 1.49	3.64 $\pm$ 1.19	n.s.
IRV	(l)	1.70 $\pm$ 0.75	1.69 $\pm$ 0.59	n.s.
ERV	(l)	1.39 $\pm$ 0.61	1.27 $\pm$ 0.50	n.s.
RV	(l)	1.00 $\pm$ 0.40	1.02 $\pm$ 0.36	n.s.
TGV	(l)	2.39 $\pm$ 1.00	2.29 $\pm$ 0.84	n.s.
TLC	(l)	4.80 $\pm$ 1.87	4.66 $\pm$ 1.53	n.s.
RV/TLC	(%)	21 $\pm$ 2	22 $\pm$ 2	n.s.
TGV/TLC	(%)	49 $\pm$ 3	49 $\pm$ 4	n.s.
VT/VC	(%)	20 $\pm$ 5	19 $\pm$ 5	n.s.
IRV/VC	(%)	44 $\pm$ 4	46 $\pm$ 4	n.s.
ERV/VC	(%)	36 $\pm$ 4	34 $\pm$ 4	n.s.
FEV-1	(l)	2,84 $\pm$ 1.12	2.67 $\pm$ 0.85	n.s.
FEV-1/VC	(%)	75 $\pm$ 8	74 $\pm$ 8	n.s.
FMF	(l/s)	3.61 $\pm$ 1.40	3.43 $\pm$ 1.12	n.s.
Raw	(cmH ₂ O/(l/s))	4.35 $\pm$ 1.83	4.11 $\pm$ 1.49	n.s.
Gaw	(l/s/cmH ₂ O)	0.276 $\pm$ 0.132	0.274 $\pm$ 0.098	n.s.
Gaw/TGV	(cmH ₂ O ⁻¹ ,s ⁻¹)	0.115 $\pm$ 0.023	0.122 $\pm$ 0.020	n.s.
*Cst	(l/cmH ₂ O)	0.134 $\pm$ 0.055	0.127 $\pm$ 0.040	n.s.
*Cst/TGV	(cmH ₂ O ⁻¹)	0.057 $\pm$ 0.007	0.054 $\pm$ 0.006	n.s.
** V'A	(l/min)	4.82 $\pm$ 1.85	4.32 $\pm$ 1.21	n.s.
** DL _{COSB}	(ml/min/mmHg)	44,1 $\pm$ 19.3	37.0 $\pm$ 15.7	n.s.
**DL _{COSB} /TGV	<u>(ml/min/mmHg)</u> 1	17.6 $\pm$ 6.0	15.5 $\pm$ 2.7	n.s.

Tab. 3

Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.
Angabe des Mittelwertes, Standardabweichungen und Signifikanzen
aller untersuchten Lungenfunktionsparameter.

* n	=	Nichtsportler	34
		Sportler	26
** n	=	Nichtsportler	34
		Sportler	30

		Nichtsportler (n = 30)	Sportler (n = 34)	Gruppenvergleich Signifikanz
VT	(1)	0.58 $\pm$ 12	0.57 $\pm$ 0.11	n.s.
f	(1/min)	18 $\pm$ 4	17 $\pm$ 4	n.s.
V'min	(1)	10.1 $\pm$ 2.0	9.8 $\pm$ 2.2	n.s.
VC	(1)	3.15 $\pm$ 0.65	3.10 $\pm$ 0.65	n.s.
IRV	(1)	1.51 $\pm$ 0.33	1.47 $\pm$ 0.38	n.s.
ERV	(1)	1.06 $\pm$ 0.29	1.05 $\pm$ 0.26	n.s.
RV	(1)	0.93 $\pm$ 0.19	0.90 $\pm$ 0.20	n.s.
TGV	(1)	1.99 $\pm$ 0.45	1.95 $\pm$ 0.44	n.s.
TLC	(1)	4.09 $\pm$ 0.81	4.00 $\pm$ 0.81	n.s.
RV/TLC	(%)	23 $\pm$ 2	22 $\pm$ 2	n.s.
TGV/TLC	(%)	48 $\pm$ 2	48 $\pm$ 3	n.s.
VT/VC	(%)	19 $\pm$ 4	19 $\pm$ 3	n.s.
IRV/VC	(%)	48 $\pm$ 4	47 $\pm$ 4	n.s.
ERV/VC	(%)	33 $\pm$ 3	34 $\pm$ 4	n.s.
FEV-1	(1)	2.33 $\pm$ 0.52	2.25 $\pm$ 0.59	n.s.
FEV-1/VC	(%)	74 $\pm$ 7	72 $\pm$ 9	n.s.
FMF	(1/s)	3.00 $\pm$ 0.77	2.84 $\pm$ 0.77	n.s.
Raw	/cmH ₂ O/(1/s)	4.25 $\pm$ 1.05	4.66 $\pm$ 1.17	n.s.
Gaw	((1/s)cmH ₂ O)	0.248 $\pm$ 0.057	0.229 $\pm$ 0.064	n.s.
Gaw/TGV	(cmH ₂ O ⁻¹ , s ⁻¹)	0.126 $\pm$ 0.020	0.118 $\pm$ 0.023	n.s.
*Cst	(1/cmH ₂ O)	0.113 $\pm$ 0.022	0.106 $\pm$ 0.022	n.s.
*Cst/TGV	(cmH ₂ O ⁻¹ , s ⁻¹)	0.113 $\pm$ 0.022	0.106 $\pm$ 0.022	n.s.
** VA	(1/min)	3.78 $\pm$ 0.98	4.02 $\pm$ 1.13	n.s.
** DL _{CO} SB	((ml/min)/mmHg)	31.5 $\pm$ 7.1	28.7 $\pm$ 8.8	n.s.
** DL _{CO} SB/TLC	((ml/min)/mmHg)	16.4 $\pm$ 5.5	14.6 $\pm$ 3.6	n.s.

Tab. 4

Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.
Angabe des Mittelwertes, Standardabweichungen und Signifikanzen
aller untersuchten Lungenfunktionsparameter.

* n = Nichtsportler 24
Sportler 26

** n = Nichtsportler 26
Sportler 30

4. 3. ABHÄNGIGKEIT DER LUNGENFUNKTIONSPARAMETER VON DEN PHYSIOLOGISCHEN EINFLUSSGRÖSSEN

4. 3. 1. KOLLEKTIVVERGLEICH

Bei den Jungen weisen alle aufgeführten Funktionsparameter mit Ausnahme von Atemzeitvolumen und 1-Sekunden-Kapazität/Vitalkapazität signifikante Korrelationen zu den physiologischen Einflußgrößen auf (Tabelle 5 und 6).

Die engsten Zusammenhänge bestehen zur Körpergröße und Körperoberfläche. Der Broca-Index hat offenbar keinen Einfluß auf die Lungenfunktionsgrößen. Die Korrelationskoeffizienten sind bei den Nichtsportlern und Sportlern von vergleichbarer Signifikanz.

Auch bei den Mädchen gilt, daß mit Ausnahme von Atemzeitvolumen und 1-Sekunden-Kapazität/Vitalkapazität alle Lungenfunktionsparameter zu den Bezugsgrößen signifikant korreliert sind (Tabelle 7 und 8).

Im Gegensatz zu den männlichen Kollektiven zeigen die Korrelations-Koeffizienten bei den weiblichen Gruppen einen etwas geringeren Grad der Signifikanz. Der Geschlechtsunterschied ist jedoch unbedeutend. Auffällig ist die fehlende Korrelation der Co-Diffusionskapazität zu sämtlichen Bezugsgrößen bei den Nichtsportlern.

		Alter (Jahre)	Größe (m)	Gewicht (kg)	Broca-Index (%)	Körperoberfl. (m ²)
V'min	(l)	0.40	0.36	0.35*	-0.01*	0.35*
VC	(l)	0.89	0.94	0.91	0.05*	0.93
RV	(l)	0.87	0.94	0.88	0.03*	0.91
TGV	(l)	0.89	0.95	0.90	0.01*	0.93
TLC	(l)	0.90	0.95	0.91	0.05*	0.94
FEV-1	(l)	0.90	0.93	0.90	0.08*	0.93
FEV-1/VC	(%)	0.05*	0.01*	0.04*	0.19*	0.04*
FMF	(l/sec)	0.88	0.90	0.88	0.09*	0.90
Raw	(cmH ₂ O/l/s)	-0.84	-0.91	-0.88	-0.07*	-0.90
Gaw	(l/s/cmH ₂ O)	0.78	0.84	0.78	0.02*	0.81
Cst	(l/cmH ₂ O)	0.88	0.94	0.90	0.01*	0.93
V'A	(l/min)	0.85	0.89	0.87	0.15*	0.89
DL _{COSB}	(ml/min/mmHg)	0.71	0.77	0.76	0.10*	0.77

Tab. 5

Abhängigkeit der Lungenfunktionsparameter von den wichtigsten physiologischen Einflußgrößen bei männlichen Nichtsportlern. Angabe der Korrelationskoeffizienten und Signifikanzgrenzen.

* nichtsignifikant; $p > 0.05$.

		Alter (Jahre)	Größe (m)	Gewicht (kg)	Broca-Index (%)	Körperoberfl. (m ²)
V'min	(l)	0.10*	0.26*	0.22*	-0.03*	0.24*
VC	(l)	0.89	0.92	0.92	0.36	0.94
RV	(l)	0.85	0.91	0.90	0.35*	0.92
TGV	(l)	0.86	0.90	0.89	0.33*	0.91
TLC	(l)	0.89	0.93	0.93	0.36	0.94
FEV-1	(l)	0.91	0.92	0.88	0.29*	0.92
FEV-1/VC	(%)	0.01*	0.01*	0.04*	-0.12*	-0.01*
FMF	(l/sec)	0.89	0.88	0.86	0.29*	0.89
Raw	(cmH ₂ O/l/s)	-0.80	-0.90	-0.82	-0.19*	-0.87
Gaw	(l/s/cmH ₂ O)	0.82	0.86	0.83	0.27*	0.86
Cst	(l/cmH ₂ O)	0.88	0.90	0.87	0.33*	0.90
V'A	(l/min)	0.78	0.90	0.83	0.28*	0.87
DL _{COSB}	(ml/min/mmHg)	0.77	0.83	0.86	0.44	0.87

Tab. 6

Abhängigkeit der Lungenfunktionsparameter von den wichtigsten physiologischen Einflußgrößen bei männlichen Sportlern. Angabe der Korrelationskoeffizienten und Signifikanzgrenzen.

* nichtsignifikant; $p > 0.05$.

		Alter (Jahre)	Größe (m)	Gewicht (kg)	Broca-Index (%)	Körperoberfl. (m ²)
V'min	(l)	-0.08*	-0.11*	0.03*	0.25*	-0.01*
VC	(l)	0.88	0.83	0.79	0.25*	0.83
RV	(l)	0.87	0.91	0.78	0.94	0.85
TGV	(l)	0.90	0.88	0.80	0.21*	0.86
TLC	(l)	0.90	0.87	0.81	0.23*	0.86
FEV-1	(l)	0.85	0.73	0.64	0.13*	0.69
FEV-1/VC	(%)	0.08*	-0.08*	-0.19*	-0.21*	-0.15*
FMF	(l/s)	0.70	0.57	0.49	0.10*	0.54
Raw	(cmH ₂ O/l/s)	-0.72	-0.78	-0.70	-0.19*	-0.76
Gaw	(l/s/cmH ₂ O)	0.70	0.71	0.64	0.17*	0.69
Cst	(l/cmH ₂ O)	0.90	0.92	0.77	0.17*	0.86
V'A	(l/min)	0.84	0.78	0.70	0.10*	0.76
DL _{COSB}	(ml/min/mmHg)	0.11*	0.05*	0.13*	0.21*	0.11*

Tab. 7

Abhängigkeit der Lungenfunktionsparameter von den wichtigsten physiologischen Einflußgrößen bei weiblichen Nichtsportlern. Angabe der Korrelationskoeffizienten und Signifikanzgrenzen.

* nichtsignifikant; $p > 0.05$

		Alter (Jahre)	Größe (m)	Gewicht (kg)	Broca-Index (%)	Körperoberfl. (m ²)
V'min	(l)	-0.22*	0.12*	0.04*	-0.14*	0.06*
VC	(l)	0.85	0.85	0.87	0.50	0.87
RV	(l)	0.72	0.87	0.80	0.32*	0.84
TGV	(l)	0.77	0.87	0.81	0.33*	0.85
TLC	(l)	0.85	0.88	0.89	0.48	0.90
FEV-1	(l)	0.77	0.73	0.72	0.36	0.73
FEV-1/VC	(%)	0.17*	0.09*	0.03*	-0.08*	0.04*
FMF	(l/s)	0.70	0.67	0.66	0.32*	0.67
Raw	(cmH ₂ O/l/s)	-0.77	-0.79	-0.70	-0.18*	-0.72
Gaw	(l/s/cmH ₂ O)	0.71	0.71	0.63	0.19*	0.66
Cst	(l/cmH ₂ O)	0.79	0.91	0.88	0.46	0.90
V'A	(l/min)	0.63	0.69	0.74	0.41	0.73
DL _{COSB}	(ml/min/mmHg)	0.70	0.61	0.76	0.63	0.72

Tab. 8

Abhängigkeit der Lungenfunktionsparameter von den wichtigsten physiologischen Einflußgrößen bei weiblichen Sportlern. Angabe der Korrelationskoeffizienten und Signifikanzgrenzen.

* nichtsignifikant; $p > 0.05$.

4. 3. 2. INTERINDIVIDUELLER VERGLEICH

In Ergänzung zu den Tabellen 5 bis 8, die nur über die globalen Korrelationskoeffizienten orientieren, sind in den Abbildungen 6 bis 12 a und b die individuellen Zusammenhänge zwischen den wichtigsten Lungenfunktionsgrößen (VC, TLC, TGV, RV, FEV-1, Cst, DLco) und der Körpergröße unter graphisch getrennter Berücksichtigung des Geschlechtes und der Zugehörigkeit zu den Kollektiven der Nichtsportler und Sportler dargestellt. Die Abbildungen lassen erkennen, daß auch interindividuell keine Trendabweichungen zwischen Nichtsportlern und Sportlern erkennbar sind.

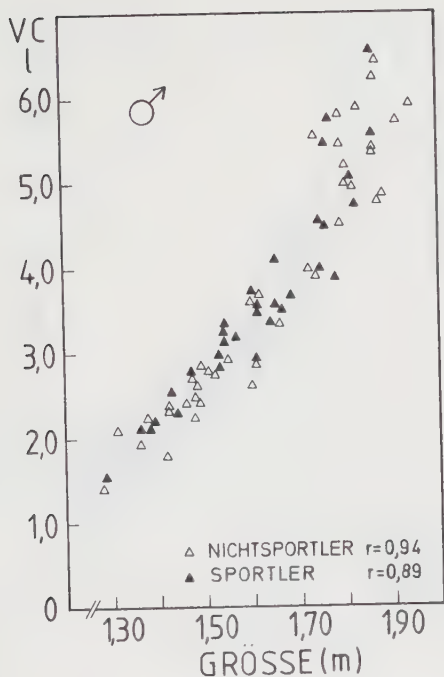


Abb. 6 a

Abhängigkeit der Vitalkapazität (VC) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

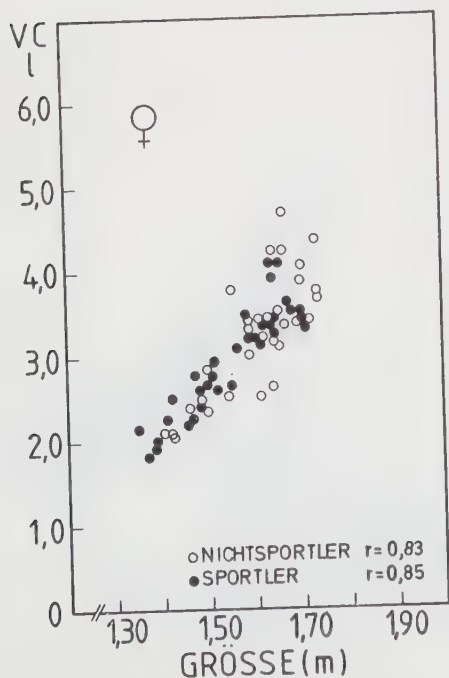


Abb. 6 b

Abhängigkeit der Vitalkapazität (VC) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

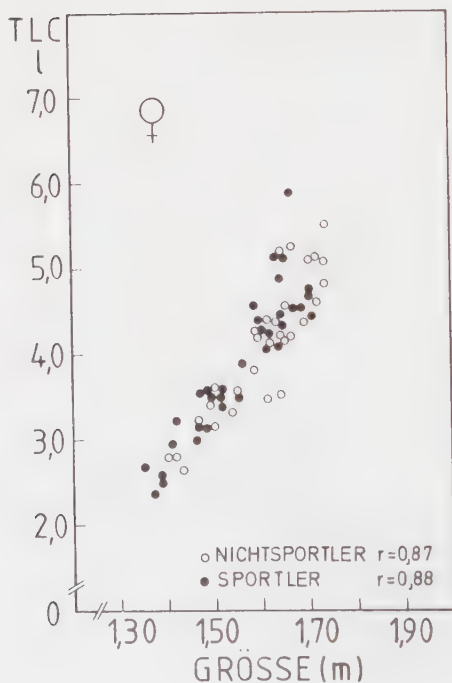
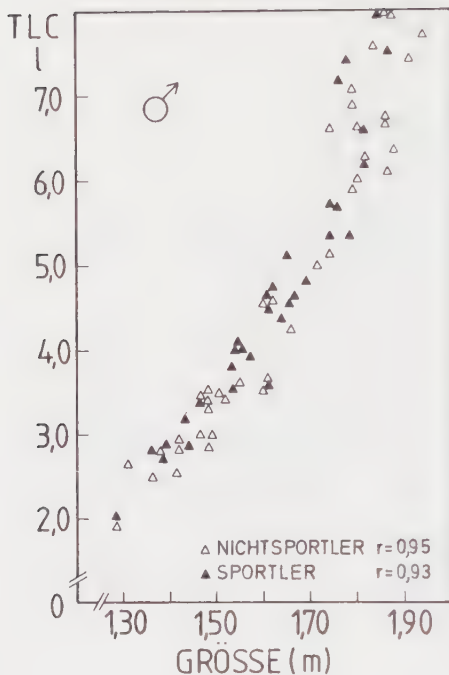


Abb. 7 a
Abhängigkeit von Totalkapazität
(TLC) von der Körpergröße.
Gegenüberstellung von weiblichen
Nichtsportlern und Sportlern.

Abb. 7 b
Abhängigkeit der Totalkapazität
(TLC) von der Körpergröße.
Gegenüberstellung von weiblichen
Nichtsportlern und Sportlern.

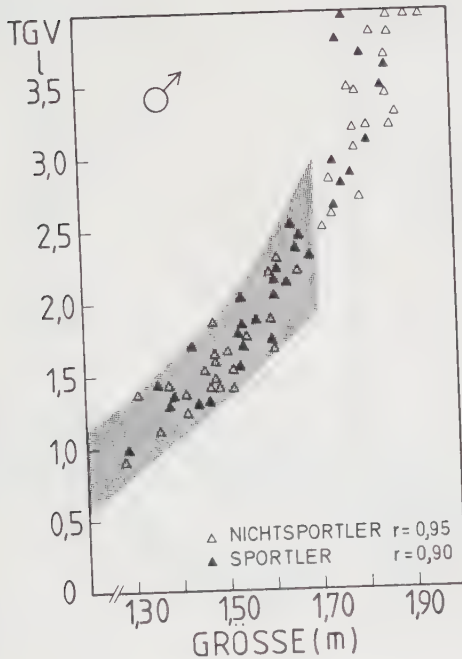


Abb. 8 a

Abhängigkeit des thorakalen Gasvolumens (TGV) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern. Dunkle Zone: Normalbereich nach Angaben von POLGAR und PROMADHAT (63).

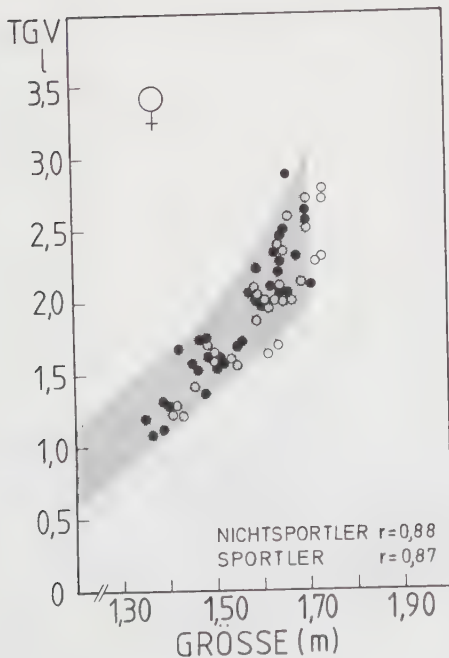


Abb. 8 b

Abhängigkeit des thorakalen Gasvolumens (TGV) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern. Dunkle Zone: Normalbereich nach Angaben von POLGAR und PROMADHAT (63).

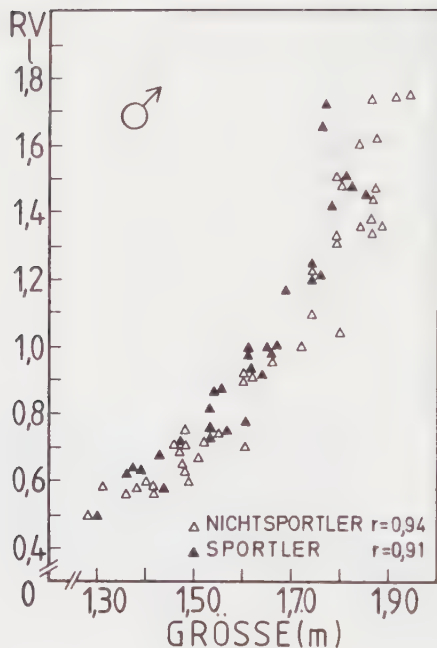


Abb. 9 a

Abhängigkeit des Residualvolumens (RV) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

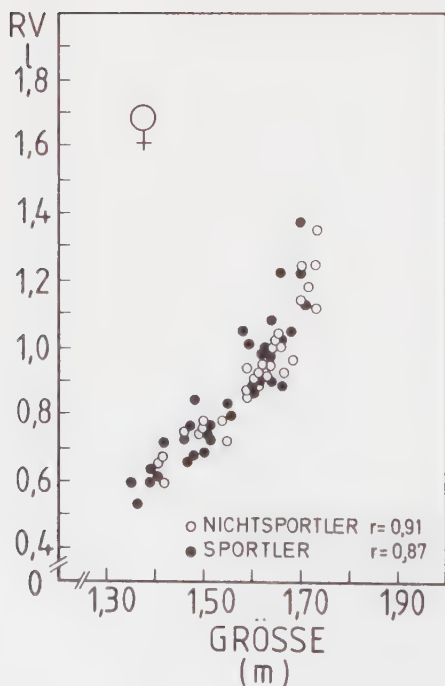


Abb. 9 b

Abhängigkeit des Residualvolumens (RV) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

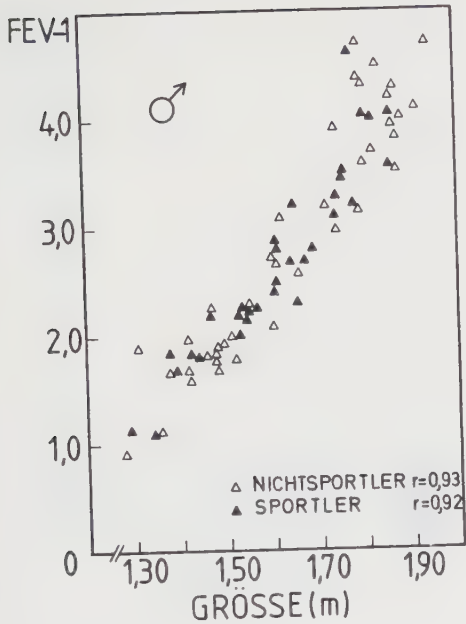


Abb. 10 a

Abhängigkeit der 1-Sekunden-Kapazität (FEV-1) von der Körpergröße.
Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

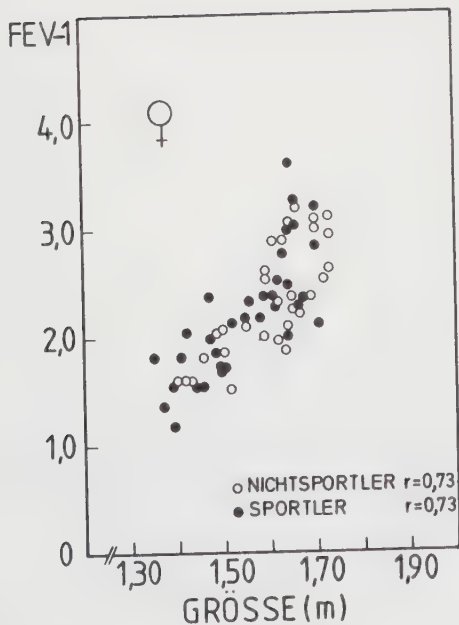
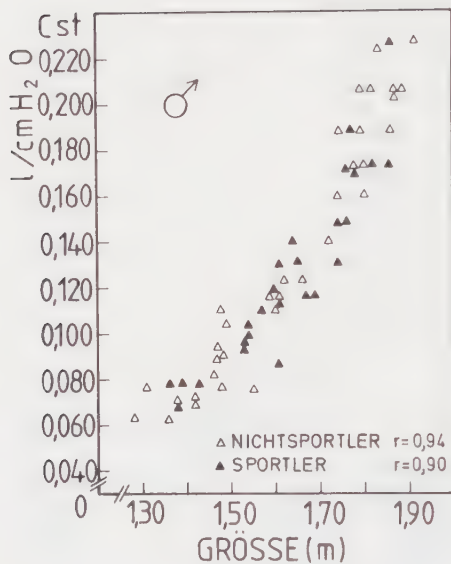


Abb. 10 b

Abhängigkeit der 1-Sekunden-Kapazität (FEV-1) von der Körpergröße.
Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.



Abhängigkeit der statischen Compliance (C_{st}) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

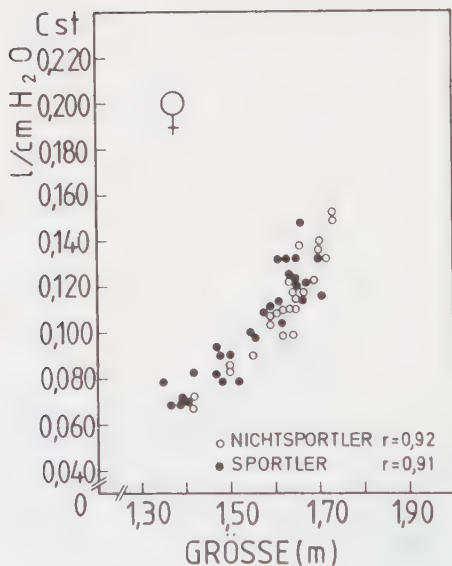


Abb. 11 b

Abhängigkeit der statischen Compliance (C_{st}) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

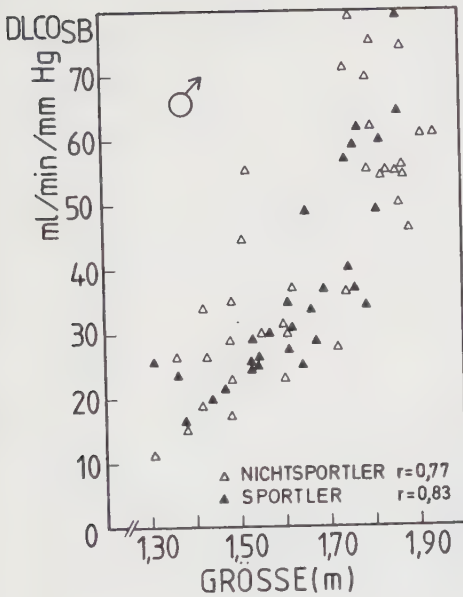


Abb. 12 a

Abhängigkeit der CO-Diffusionskapazität (DLco) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

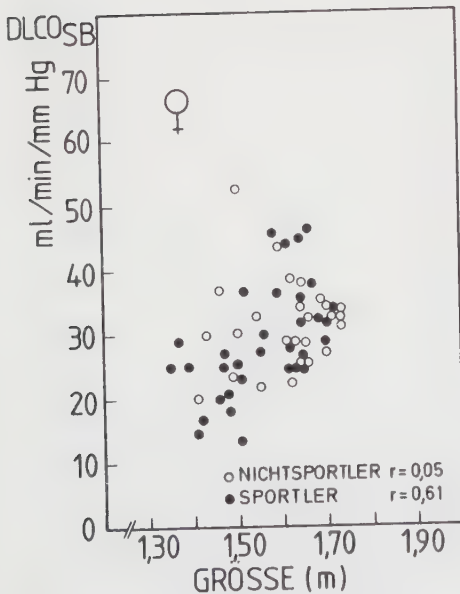


Abb. 12 b

Abhängigkeit der CO-Diffusionskapazität (DLco) von der Körpergröße. Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

4. 4. BEZIEHUNGEN EINZELNER LUNGENFUNKTIONSGRÖSSEN UNTEREINANDER

In den Abbildungen 13 bis 17 a und b sind die physiologischen Zusammenhänge zwischen einzelnen Lungenfunktionsgrößen dargestellt.

Auch hier zeigt sich generell, wie bei den Beziehungen zur Körpergröße, daß sich die Nichtsportler und Sportler beiderlei Geschlechtes im interindividuellen Vergleich nicht sicher unterscheiden.

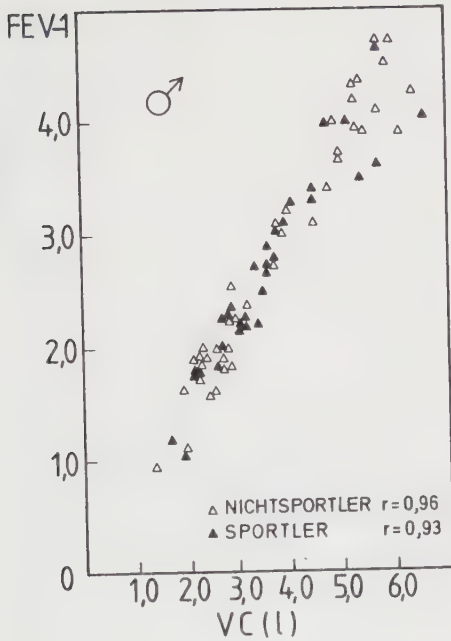


Abb. 13 a

Beziehung der 1-Sekundenkapazität (FEV-1) zur Vitalkapazität (VC). Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

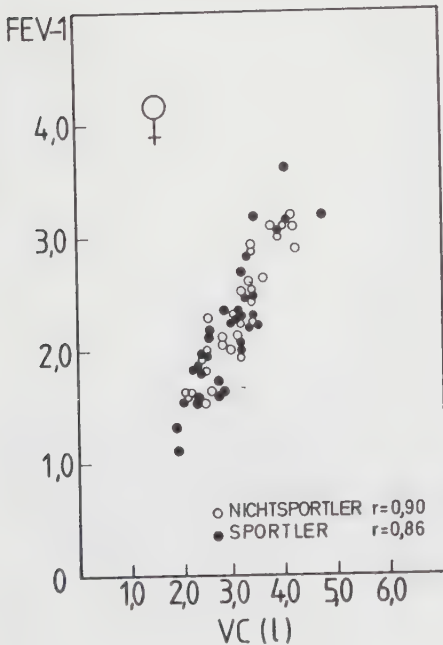


Abb. 13 b

Beziehung der 1-Sekundenkapazität (FEV-1) zur Vitalkapazität (VC). Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

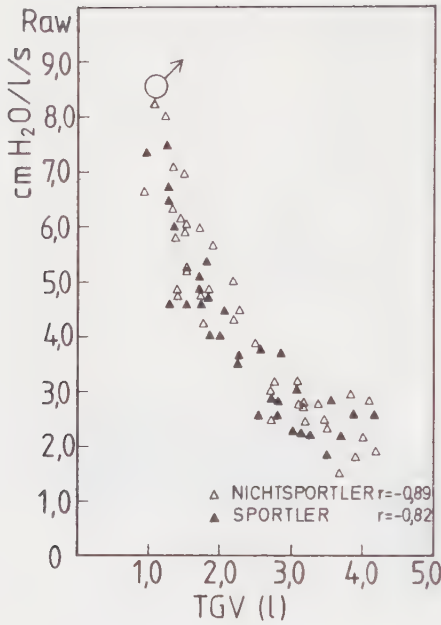


Abb. 14 a

Beziehung der Resistance (Raw) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

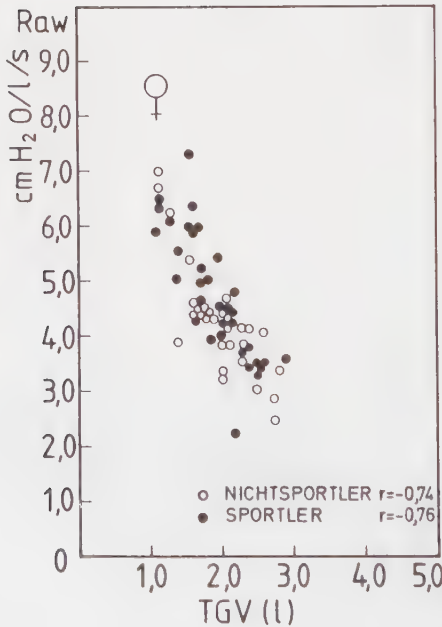


Abb. 14 b

Beziehung der Resistance (Raw) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

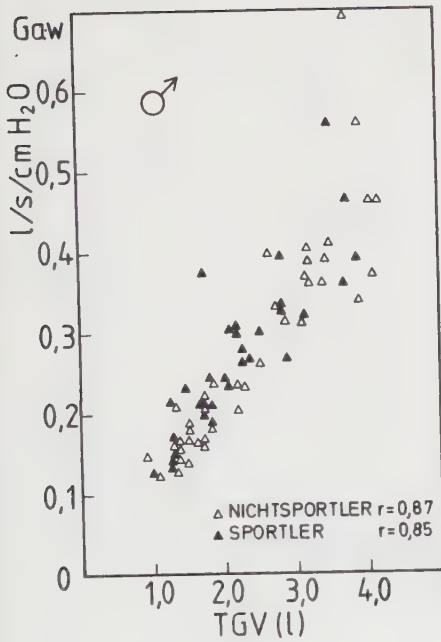


Abb. 15 a

Beziehung der Conductance (Gaw) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

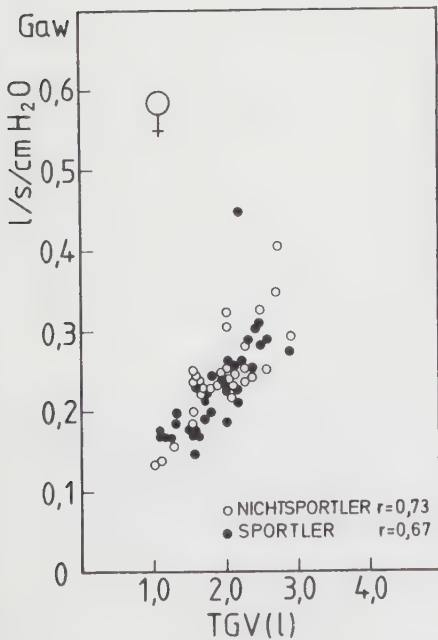


Abb. 15 b

Beziehung der Conductance (Gaw) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

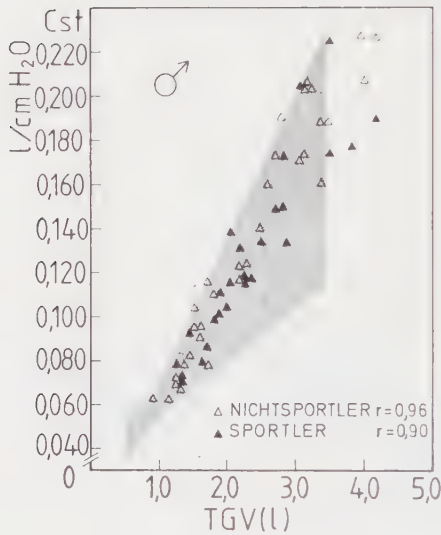


Abb. 16 a
Beziehung der statischen Compliance (C_{st}) zum thorakalen Gasvolumen (TGV).
Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.
Dunkle Zone: Normalbereich nach Angaben von POLGAR und PROMADHAT (63).

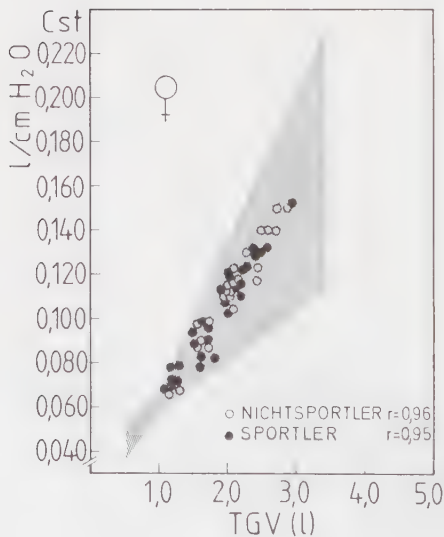


Abb. 16 b

Beziehung der statischen Compliance (C_{st}) zum thorakalen Gasvolumen (TGV).
Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.
Dunkle Zone: Normalbereich nach Angaben von POLGAR und PROMADHAT (63).

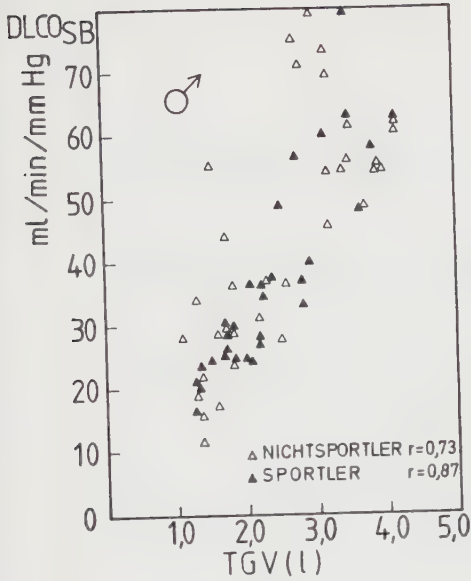


Abb. 1/ a

Beziehung der CO-Diffusionskapazität (DLco) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von männlichen Nichtsportlern und Sportlern.

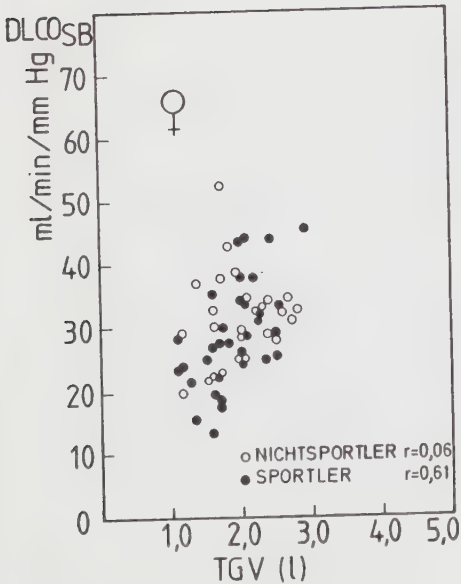


Abb. 17 b

Beziehung der CO-Diffusionskapazität (DLco) zum thorakalen Gasvolumen (TGV). Gegenüberstellung von weiblichen Nichtsportlern und Sportlern.

5. DISKUSSION

5. 1. STATISCHE UND DYNAMISCHE LUNGENVOLUMINA

Die bei den Nichtsportlern und Sportlern gemessenen Lungenvolumina liegen im Erwartungsbereich gesunder Jugendlicher. Die eigenen Daten stimmen mit den Sollwertempfehlungen von POLGAR und PROMADHAT (63) sowie mit den Ergebnissen anderer Autoren wie DE MUTH et al. (17), CHERNIAK et al. (12), BERNSTEIN et al. (9), WENG und LEVISON (76), BRISCOE und DU BOIS (10), ENGSTROEM et al. (20), VON DER HARDT und NOWAK-BENEKE (34) sehr gut überein.

Wie die eigenen Untersuchungen darüberhinaus gezeigt haben, unterscheiden sich Nichtsportler und Sportler in Bezug auf die Lungenvolumina nicht signifikant.

Zu gleichlautenden Ergebnissen kommen auch HAMILTON und ANDREW (32). In einer Studie an 52 Eishockey-Spielern und Untrainierten im Alter von 12 bis 17 Jahren konnten die Autoren keine Änderung der Lungenvolumina als Trainingsfolge feststellen. VACCARO und CLARKE (73) fanden bei 15 Schwimmern im Alter zwischen 9 und 11 Jahren nach einem siebenmonatigen Training ebenfalls keine überproportionale Zunahme der Lungenvolumina im Vergleich zu 15 untrainierten Kindern. Auch KOCH und ERIKSSON (44), sowie GREEN und HOUSTON (31), HOUSTON und GREEN (40), die entsprechende lungenfunktionsanalytische Untersuchungen bei jugendlichen Sportlern durchge-

führt haben, konnten keinen sicheren Effekt auf die Atemfunktionsgrößen nachweisen.

Im Widerspruch dazu stehen die Mitteilungen von ASTRAND et al. (4). Die skandinavischen Autoren fanden bei 30 zwölf- bis sechzehnjährigen Spitzenschwimmerinnen eine über die Erwartungswerte von gleichaltrigen Jugendlichen (sogenannte Normalpersonen) hinausgehende Vergrößerung der Lungenvolumina. Als Erklärung für diesen Unterschied nahmen die Autoren die konstitutionellen Faktoren, wie Überdurchschnittliche Körpergröße und intensives körperliches Training an. Die späteren Beobachtungen in einer Längsschnittstudie konnten diese Feststellungen voll bestätigen (19, 23, 24, 25). Auch ANDREW et al. (1) berichten von einer überproportionalen Zunahme der Lungenvolumina bei 145 acht- bis achtzehnjährigen Schwimmern beiderlei Geschlechtes nach dreijährigem Training im Vergleich zu gleichaltrigen Untrainierten. Etwa gleichlautend sind die Ergebnisse von NEWMAN et al. (60), die bei einer Gruppe von 30 männlichen und weiblichen Spitzenschwimmern im Alter von 13 bis 17 Jahren größere Lungenvolumina bestimmen konnten als bei 19 untrainierten Schülern des gleichen Altersbereiches. Als Trainingsfolge deuten KELLETT et al. (43) die überproportionale Zunahme der Vitalkapazität bei 9 weiblichen Spitzenschwimmern mit einem durchschnittlichen Alter von 15,7 Jahren nach intensivem sechsmonatigem Training. Überraschenderweise konnten die Autoren jedoch bei männlichen Spitzenathleten diesen günstigen Effekt auf die Vitalkapazität nicht beobachten. SMITH und BYRD (67) untersuchten 27 Fuß-

ballspieler mit einem durchschnittlichen Alter von 19 Jahren nach Abschluß der Frühjahrsvorbereitung. Im Vergleich zu Normwerten nach KORY (45) wurden nach dem Training höhere Werte für die Vitalkapazität ermittelt. Interessanterweise war der Atemgrenzwert der Sportler gegenüber der Norm leicht erniedrigt.

Nach ASTRAND et al. (4) besteht zwischen dem absolvierten Trainingsumfang und dem Zuwachs der Lungenvolumina ein positiver Zusammenhang. Es wäre daher vorstellbar, daß eine etwaige Vergrößerung der Lungenvolumina vorwiegend bei solchen Jugendlichen eintritt, die zu den Spitzenathleten zählen. Vielleicht erklärt sich daraus auch die Diskrepanz zu den eigenen Untersuchungsergebnissen, die keinen Trainingseffekt auf die Lungenvolumina ergeben haben. Im Gegensatz zu ASTRAND et al. wurden in dieser Studie keine Spitzenathleten sondern Sportler einer durchschnittlichen Leistungsklasse untersucht. Das Trainingsvolumen belief sich beim Kollektiv von ASTRAND auf 6 bis 28 Stunden mit 6000 bis 65000 geschwommenen Metern pro Woche, während die Schwimmer des eigenen Kollektivs ein Wochenprogramm von 2 bis 6 Stunden mit maximal 8000 bis 11000 geschwommenen Metern absolvierten. Aus diesen Zahlen geht hervor, daß der Trainingsaufwand der Spitzenathleten im Kollektiv von ASTRAND wesentlich größer war als bei den Probanden des eigenen Kollektivs.

Neben dem Umfang könnte die Art des Trainings einen Einfluß auf die Entwicklung der Lungenfunktion haben (38, 53, 54, 61).

Bei Beurteilung des Trainingseffektes auf die Entwicklung der Lungenvolumina im Wachstumsalter sind noch weitere Faktoren in Betracht zu ziehen.

Aus der Studie von ANDREW et al. (1) an 227 Jugendlichen im Alter von 8 bis 18 Jahren geht hervor, daß bereits die Ausgangswerte der Lungenfunktion bei Sportanfängern in der Regel höher liegen als bei Nichtsportlern. Es ist danach vorstellbar, daß Menschen, die sich dem Sport widmen, primär gewisse biologische Vorteile mitbringen (z.B. auch größere Lungenvolumina) (22).

Die Feststellung einiger Autoren (1, 4, 19, 23, 24, 25, 43, 60, 67), daß Trainierte gegenüber Untrainierten größere Lungenvolumina aufweisen, kann nur dann voll akzeptiert werden, wenn die Sportler mit einer Gruppe von Nichtsportlern anhand der mit gleicher Methodik bestimmten Lungenfunktionsgrößen aus einem Labor verglichen wurden. Diese Voraussetzung ist nicht in allen Studien erfüllt. Verschiedene Autoren (4, 43, 67) haben die bei ihren Sportlern erhobenen Daten den Sollwerten aus der Literatur gegenübergestellt. Laborbedingte und apparative Unterschiede in der Meßtechnik können bei diesem Vorgehen Unterschiedlichkeiten vortäuschen, die in Wirklichkeit nicht bestehen, sondern nur methodisch bedingt sind.

Aber auch der Bezug auf ein eigenes Referenzkollektiv ist nicht ganz unproblematisch. HAMILTON und ANDREW (32) haben auf die große Bedeutung der körperlichen Leistungsfähigkeit des Vergleichskollektivs hingewiesen. Eine hohe motorische Freizeitaktivität, die insbesondere bei jüngeren Kindern häufig vorkommt, kann die Unterschiede zwischen dem Normalkollektiv und dem durchschnittlichen Leistungssportler-Kollektiv eher fließend gestalten. Überlappungen im Hinblick auf den Trainingszustand sind dann nicht auszuschließen.

Über welchen Mechanismus es zu einer Vergrößerung der Lungenvolumina durch das Training kommt, ist bisher nicht geklärt. Hypertrophie der Atemmuskulatur (1, 19, 26) mit Steigerung der Umsatzrate der chemomechanischen Koppelung (5) werden bei den partiell von der Muskelkraft abhängigen Volumina diskutiert.

Ob darüberhinaus ein morphologischer Umbau der Lunge erfolgt, ist fraglich. Aus Beobachtungen an Tieren ist eine Umstrukturierung der Lungen wie Vermehrung der Alveolen, Vergrößerung der Alveolaroberfläche u. a. denkbar, jedoch nicht erwiesen (28). Beim Menschen sind die Rückschlüsse aus Änderung der Lungenfunktion auf strukturelle Lungenveränderungen bisher nur spekulativ (71).

5. 2. RESISTANCE UND CONDUCTANCE

Der bei den eigenen Probanden gemessene Atemwegswiderstand steht in guter Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur (8, 21, 33, 35, 63, 75, 76). Die gleiche Feststellung gilt für die Atemwegsleitfähigkeit, die als der Kehrwert des Atemwegswiderstandes definiert wird (10, 76).

Wie aus den Gegenüberstellungen in den Abbildungen 14 und 15 a und b hervorgeht, ergibt sich auch in Bezug auf die Resistance und Conductance kein signifikanter Unterschied zwischen Nichtsportlern und Sportlern.

Die Frage, ob Sportler unter dem Einfluß des stärkeren Vagotonus einen höheren Atemwegswiderstand aufweisen als Nichtsportler, kann nach diesen Ergebnissen verneint werden. Die eigenen Ergebnisse bedürfen jedoch der Bestätigung durch andere Untersuchungen. In der einschlägigen Literatur fehlt es an Mitteilungen über vergleichende Messungen an Nichtsportlern und Sportlern.

5. 3. COMPLIANCE

Die "statische" Compliance zeigt im eigenen Untersuchungsgut die bekannte physiologische Abhängigkeit von der Körpergröße und dem funktionellen Residualvolumen bzw. dem thorakalen Gasvolumen. Die einzelnen Meßwerte entsprechen gut den Angaben nach POLGAR und PROMADHAT (63), KAMEL (42).

Ebenso wie bei den bereits diskutierten Lungenfunktionsparametern weisen die Nichtsportler und Sportler beiderlei Geschlechtes in Bezug auf die Compliance keine Unterschiede auf.

Bei der Compliance, die eine integrale atemmechanische Größe darstellt, wäre eine Beeinflussung durch Tonusänderung der Bronchialmuskulatur, Zunahme des pulmonalen Volumens sowie Veränderungen am Surfactant-Faktor durch körperliches Training denkbar.

Den eigenen Meßergebnissen ist zu entnehmen, daß das Schwimmtraining im angegebenen Umfang beim heranwachsenden Jugendlichen keinen Einfluß auf die Dehnbarkeit der Lunge hat. Allerdings fehlt es auch hier, wie schon bei der Resistance bzw. Conductance erwähnt, an Literatur, die zum Vergleich herangezogen werden könnte.

5. 4. CO-DIFFUSIONSKAPAZITÄT

Die im eigenen Untersuchungsgut gefundenen Werte für DLco liegen im Vergleich zu den Angaben von POLGAR und PROMADHAT (63) in einem höheren Bereich. Diese Abweichung gilt gleichermaßen für Nichtsportler wie Sportler. Annähernde Übereinstimmung ergibt dagegen der Vergleich mit den Sollwerten von COTES (16).

Mit Ausnahme der Gruppe der weiblichen Nichtsportler bestätigt sich auch für die Diffusionskapazität der physiologische Zusammenhang mit den untersuchten Bezugsgrößen. Bemerkenswert ist jedoch die im Vergleich zu anderen Lungenfunktionsparametern größere inter-individuelle Streuung der Meßwerte.

In Bezug auf die Co-Diffusionskapazität weisen die Nichtsportler und Sportler beiderlei Geschlechtes keine signifikanten Unterschiede auf.

Beim Blick in die Literatur finden sich nur vereinzelt Mitteilungen über Messungen der DLco in Ruhe bei jugendlichen Sportlern. In Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen fanden NEWMAN et al. (59) bei 11 Spitzenläufern im Vergleich zu Untrainierten keine signifikante Erhöhung der DLco. Im Gegensatz dazu beobachteten MAGEL und ANDERSON (47) bei 10 gut trainierten männlichen Schwimmern mit einem durchschnittlichen Alter von 17,3 Jahren signifikant höhere DLco

als bei 9 gleichaltrigen Untrainierten. VACCARO et al. (74) stellten bei 16 männlichen und weiblichen Schwimmern im Alter von 10 bis 18 Jahren deutlich höhere Werte beim Vergleich mit den Sollwertempfehlungen von WENG und LEVISON (76) sowie STRANG (69) fest. Einschränkend muß aber hinzugefügt werden, daß die Autoren kein eigenes Kontrollkollektiv den Sportlern gegenübergestellt haben. Wie die eigenen Ergebnisse zeigen, können Abweichungen von den Sollwerten, die offenbar meßtechnisch bedingt sind, durchaus vorkommen. Ob tatsächlich ein Unterschied hinsichtlich der DLco zwischen Nichtsportlern und Sportlern besteht, kann nur aus dem Vergleich mit einem Referenzkollektiv, das im selben Labor mit gleicher Methodik untersucht wurde, festgestellt werden.

Was das Verhalten der DLco unter Belastung angeht, so sind auch hier die Mitteilungen in der Literatur nicht einheitlich. Einige Autoren fanden bei Sportlern eine stärkere Zunahme der DLco im Vergleich zu Untrainierten (1, 47, 58, 59, 73, 74), andere konnten diese Ergebnisse nicht bestätigen (32, 44).

6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die eigenen Ergebnisse zeigen, daß Leistungssport im angegebenen Umfang bei heranwachsenden Jugendlichen keinen meßbaren Einfluß auf die Lungenvolumina, die Atemmechanik und die Co-Diffusionskapazität hat.

Diese Resultate stehen im Einklang, aber auch im Widerspruch zu den Mitteilungen in der Literatur.

Die divergierenden Ergebnisse erklären sich teils aus methodischen Gründen, teils aus Unterschieden in der Auswahl der Sportlerkollektive.

Nach kritischer Würdigung der Mitteilungen in der Literatur ist hauptsächlich bei den Spitzenathleten mit einer überproportionalen Zunahme der Lungenvolumina zu rechnen. Nach den Untersuchungsergebnissen von ASTRAND et al. (4) besteht offenbar ein positiver Zusammenhang zwischen absolviertem Trainingsvolumen und Zunahme der Atemfunktionsgrößen.

Da im eigenen Untersuchungsgut ein positiver Trainingseffekt auf die Atemfunktion nicht spürbar war, folgt daraus, daß sportliches Engagement in diesem Umfang, d. h. wöchentliches Trainingspensum eines durchschnittlichen Leistungssportlers, nicht ausreicht, um Einfluß auf die Lungenentwicklung zu nehmen.

Von dieser Feststellung bleibt die Tatsache unberührt, daß die Lungenventilation und die cardio-zirkulatorischen Funktionen durch körperliches Training oekonomisiert und die Leistungsbreite der Lunge und des Herz-Kreislauf-Systems verbessert werden (2, 3, 5, 6, 38, 39, 48, 50, 54, 61, 66, 68). Auf dieser Basis beruht hauptsächlich der positive Effekt eines sportlichen Trainings, nicht aber auf der Veränderung der statischen Lungenfunktionsgrößen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde der Einfluß des körperlichen Trainings auf die Entwicklung der Lungenfunktion im Wachstumsalter untersucht. Für die Studie stellten sich 136 gesunde Jugendliche im Alter von 9 bis 18 Jahren zur Verfügung. Sportler und Nichtsportler wurden vergleichend gegenübergestellt. Das Kollektiv der Trainierten wurde von 32 Jungen und 34 Mädchen gebildet, die Gruppe der Untrainierten bestand aus 40 Jungen und 30 Mädchen.

Als Parameter der Lungenfunktion wurden die statischen und dynamischen Lungenvolumina, der bronchiale Strömungswiderstand, die "statische" Compliance der Lunge und die Co-Diffusionskapazität ermittelt.

Die Untersuchung ergab, daß zwischen Leistungssportlern (Schwimmer) und Untrainierten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die untersuchten Lungenfunktionsparameter bestehen. Diese Feststellung gilt gleichermaßen für weibliche und männliche Sportler.

8. ABKÜRZUNGEN *

Cst	statische Compliance
DL _{COSE}	Diffusionskapazität der Lunge für Kohlenstoffmonoxyd, gemessen für einen Atemzug
ERV	Expiratorisches Reservevolumen
f	Atemfrequenz
FEV-1	1-Sekundenkapazität (forciert expiriertes Volumen in einer Sekunde)
FEV-1/VC	Tiffeneau-Index
FMF	Maximaler mittelexpiratorischer Atemfluß
Gaw	Conductance der Atemwege
IRV	Inspiratorisches Reservevolumen
R _{aw}	Atemwegswiderstand
R _V	Residualvolumen
TCV	Thorakales Gasvolumen
TLC	Totalkapazität der Lunge
V'A	Alveoläre Ventilation
VC	Vitalkapazität
V'min	Atemminutenvolumen
Vf	Atemzugvolumen

* in Anlehnung an J.D. Meyer-Erkelenz (55, 56, 57).

9. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Andrew, G.M., M.R. Becklake, : Heart and lung functions in
J.S. Guleria, D.V. Bates swimmers and nonathletes during
growth.
J. appl. Physiol. 32 (1972),
245 - 251.
- 2 Astrand, P.-O. : ' Aerobic Power. In B. Eriksson
et al.: Swimming Medicine IV.
Volume 6 University Park Press,
Baltimore 1978.
- 3 Astrand, P.-O. : Aerobic work capacity in men and
women with special reference to
age.
Acta physiol. scand. 49 (1960),
169 - 174.
- 4 Astrand, P.-O., L. Engström, : Girl swimmers.
B.O. Eriksson, P. Karlberg,
I. Nylander, B. Saltin,
C. Thoren Acta paediat. scand. (Supp.) 147
(1963), 1 - 75.
- 5 Astrand, P.O., K. Rodahl : Textbook of work physiology.
2. McGraw-Hill Book Company,
New York 1977.
- 6 Bar-Or, O., L.D. Zwiren : Physiological effects of increased
frequency of physical education
classes and of endurance conditioning
on 9 - 10 year old girls and boys.
Pediatric work physiology: Proceedings
of the fourth international symposium.
Wingate, Israel, 1973.
- 7 Bates, D.V., J.B.L. Gee, : Diffusion as a limiting factor in
L.G. Bentivoglio, E. Mostyn oxygen transport across the lung.
Proc. int. Symp. cardiovasc. respir.
Effect Hypoxia. Kingston, Ontario,
1965.
- 8 Berger, D., D. Nolte : Bodyplethysmographische Sollwerte
für Kinder.
Prax. Pneumol. 31 (1977),
600 - 602.
- 9 Bernstein, L., R.G. Gueron, : Pulmonary function in children.
M. Kreindler, J.E. Ghory J. Allergy clin. Immunol.
30 (1959), 514 - 519.

- 10 Briscoe, W.A., A.B. Du Bois : The relationship between airway resistance, airway conductance and lung volume in subjects of different age and body size.
J. clin. Invest. 37 (1958), 1279 - 1287.

- 11 Bucci, G. : Studies of respiratory physiology in children. V. Total lung diffusion, diffusing capacity of the pulmonary membrane and pulmonary capillary blood volume in normal subjects from 7 to 40 years of age.
J. Pediat. 58 (1961), 820 - 827.

- 12 Cherniak, R.M. : Ventilatory function in normal children.
Canad. med. Ass. J. 87 (1962), 80 - 94.

- 13 Cherniak, R.M. : Pulmonary function testing.
W.B. Saunders company.
Philadelphia, London, Toronto 1977.

- 14 Comroe, J.H. Jr., R.E. Forster, A.B. Du Bois, W.A. Briscoe, E. Carlsen : The Lung.
2. Year Book Medical Publishers, Chicago 1977.

- 15 Cotes, J.E. : Effect of variability in gas analysis on the reproducibility of the pulmonary diffusing capacity by the single-breath method.
Thorax 18 (1963), 151 - 164.

- 16 Cotes, J.E. : Lung function. Assessment and application in medicine.
3. Blackwell, Oxford 1975.

- 17 De Muth, G.R., W.F. Howatt : Growth of lung function.
Pediatrics 35 (1965), 162 - 170.

- 18 Emerson, P.W., H. Green : Vital capacity of the lungs of children.
Amer. J. Dis. Child 22 (1921), 111 - 114.

- 19 Engström, I., B.O. Eriksson, P. Karlberg, B. Saltin, C. Thoren : Preliminary report on the development of lung volumes in young girl swimmers.
Acta paediat. scand. (Suppl.) 217 (1978), 1 - 6.

- 20 Engström, I., P. Karlberg, : Respiratory studies in children.
S. Kraepelien I. Lung volumes in healthy children
6 to 14 years of age.
Acta paediat.scand. 45 (1956),
277 - 286.
- 21 Engström, I., P. Karlberg, : Respiratory studies in children.
C.L. Swerts IX. Relationships between mechanical
properties of the lungs, lung volumes
and ventilatory capacity in healthy
children 7 to 15 years of age.
Acta paediat. scand. 51 (1962),
68 - 85.
- 22 Eriksson, B.O., K. Berg, : Physiological analysis of young boys
J. Taranger starting intensive training in swimming.
In B. Eriksson et al.: Swimming Medicine
IV.
Volume 6. University Park Press,
Baltimore 1978.
- 23 Eriksson, B.O., I. Engström, : Long-term effect of previous swim
P. Karlberg, A. Lundin, training in girls. A 10-year follow-up
B. Saltin, C. Thoren of the "Girl swimmers".
Acta paediat. scand. 67 (1978),
285 - 292.
- 24 Eriksson, B.O., A. Lundin, : Cardiopulmonary function in former
B. Saltin girl swimmers and the effects of
physical training.
Scand. J. clin. Lab. Invest. 35 (1975),
135 - 145.
- 25 Eriksson, B.O., C. Thoren : Training girls for swimming from
medical and physiological points of
view, with special reference to growth.
In B. Eriksson et al.: Swimming Medicine
IV. Volume 6.
University Park Press, Baltimore 1978.
- 26 Faulkner, J.A. : Exercise Physiology. H.B. Falls
Academic, New York 1968.
- 27 Ferlinz, R. : Praktische Lungenfunktionsprüfung.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1978.
- 28 Geelhaar, A., E.R. Weibel : Morphometric estimation of diffusing
capacity.
Respir. Physiol. 11 (1971),
354 - 366.

- 29 Geubelle, F. : Contribution a l'etude fonctionnelle du poumon de l'enfant sain et de l'enfant asthmatique. J. Duculot, S.A., Gembloux 1968.
- 30 Goff, L.G., R.G. Bartlett : Diffusing capacity in well trained swimmers. J. appl. Physiol. 10 (1957), 203 - 210.
- 31 Green, H.J., M.E. Houston : Effect of a season of ice hockey on energy capacities and associated functions. Med. Sci. Sports. 7 (1975), 299 - 303.
- 32 Hamilton, P., G.M. Andrew : Influence of growth and athletic training on heart and lung functions. Europ. J. appl. Physiol. 36 (1976), 27 - 38.
- 33 Hardt, H. von der, M. Leben : Bodyplthysmography in healthy children. Europ. J. Pediat. 124 (1976), 13 - 21.
- 34 Hardt, H. von der, R. Nowak-Beneke : Lung volumes in healthy boys and girls, 6 - 15 years of age. Lung 154 (1976), 51 - 63.
- 35 Helliesen, P.J., C.D. Cook, L.Friedlander, S. Agathon : Studies of respiratory physiology in children. Mechanics of respiration an lung volumes in 85 normal children 5 to 17 years of age. Pediatrics 22 (1958), 80 - 94.
- 36 Hötter, G.-J. : Die Lungenfunktion unter besonderer Berücksichtigung des wachsenden Organismus. Steinkopff-Verlag, Darmstadt 1975.
- 37 Hodson, W.A. : Development of the lung. Marcel Dekker, New York and Basel 1977.
- 38 Hollmann, W., Th.Hettinger : Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. F.K.Schattauer-Verlag. Stuttgart - New York 1976.

- 39 Holmer, I. : Physiology of Swimming Man.
Acta physiol. scand. (Suppl.) 407
(1974), 1-55.
- 40 Houston, M.E., H.J.Green : Physiologycal and anthropometric
characteristics of elite canadian ice
hockey players.
J. Sports Med. 16 (1976),
123 - 128.
- 41 Hutchinson, J. : On capacity of lungs and on respiratory
functions, with view of establishing
precise and easy method of detecting
disease by the spirometer.
Trans. Med.-Chir. Soc. 29 (1846),
137.
- 42 Kamel, M., T.-R. Weng, : Relationship of mechanics of ventilation
E.A. Featherby, W.S. Jack- of lung volumes in children and young
man, H. Levison adults.
Scand. J. resp. Dis. 50 (1969),
125 - 138.
- 43 Kellett, D.W., P.L.T. : A study of potential olympic swimmers.
William, K.M. Bagnall Brit. J. Sports Med. 12 (1978),
87 - 92.
- 44 Koch, G., B.O. Eriksson : Effect of physical training on R-L shunt
at rest and pulmonary diffusing capacity
during nearmaximal exercise in boys
years old.
Scand. J. clin. Lab. Invest. 31 (1973),
95 - 103.
- 45 Kory, R.C., R. Callahan, : The veterans administration army
H.G. Boren, J.C. Snyder cooperative study of pulmonary function:
I. Clinical spirometry in normal men.
Amer. J. Med. 30 (1961), 243 - 258.
- 46 Kunze, D., J.D. Murken : Diagnostik von Längenalter und
Gewichtsalter mit neuen Somatogrammen.
Kinderarzt 12 (1974), 28 - 34.
- 47 Magel, J.R., K.L.Andersen : Pulmonary diffusing capacity and cardiac
output in young trained norwegian swimmers
and untrained subjects.
Med. Sci.Sports 1 (1969), 131 - 139.

- 48 Magel, J.R., G.F. Foglia, W.D. McArdle, B.Gutin, G.S. Pechar, F.I.Katch : Specificity of swim training on maximum oxygen uptake.
J. appl. Physiol. 38 (1974), 151 - 158.
- 49 Mansell, A.L., A.C. Bryan, H. Levison : Relationship of lung recoil to lung volume an maximum expiratory flow in normal children.
J. appl. Physiol. 42 (1977), 817 - 823.
- 50 McArdle, W.D., J.R. Magel, D.J. Delio, M.Toner, J.M. Chase : Specificity of run training on $\dot{V}O_2$ max and heart rate changes during running and swimming.
Med. Sci.Sports 10 (1978), 16 - 20.
- 51 Meister, R. : Atemfunktion und Lungenkreislauf bei thorakaler Skoliose.
Bücherei des Pneumologen, Bd. 5, Thieme, Stuttgart 1980.
- 52 Meister, R. : Die Atemfunktion bei Thorax- und Wirbelsäulendeformitäten.
Atemwegs- und Lungenkrankheiten, 6 (1980), 135 - 142.
- 53 Mellerowicz, H. : Das körperliche Leistungsvermögen der heutigen Jugend.
Juventa Verlag GmbH, München 1975.
- 54 Mellerowicz, H. : Ergometrie, Urban & Schwarzenberg, München 1979.
- 55 Meyer-Erkelenz, J.D., R.W. Mösges, H. Sieverts : Spiroergometrie. Ergebnisbericht des Kolloquiums.
Aachen, 21/22. 9. 1979.
- 56 Meyer-Erkelenz, J.D., H. Sieverts, R. Mösges : Lungenfunktionsdiagnostik in Ruhe - Bezugswerte.
Prax. Pneumol. 34 (1980), 76 - 89.
- 57 Meyer-Erkelenz, J.D., H. Sieverts, R.W. Mösges : Lungenfunktionsdiagnostik in Ruhe - Bezugswerte.
Bericht mit Ergebnissen der Tagung. Aachen, 16/17. 3. 1979.
- 58 Mostyn, E.M., S. Helle, J.B.L. Gee, L.G. Benti-voglio, D.V. Bates : Pulmonary diffusing capacity of athletes.
J. appl. Physiol. 18 (1963), 687 - 695.

- 59 Newman, F., B.F. Smalley, : Effect of exercise, body and lung
M.L. Thompson size on CO-Diffusion in athletes and
nonathletes.
J. appl. Physiol. 17 (1962),
649 - 655.
- 60 Newman, F., B.F. Smalley, : A comparison between body size and
M.L. Thompson lung function of swimmers and normal
children.
J. Physiol. (Lond.) 14 (1961),
9 - 10.
- 61 Nöcker, J. : Die biologischen Grundlagen der
Leistungssteigerung durch Training.
Verlag Karl Hofmann, Schorndorf bei
Stuttgart 1960.
- 62 Nolte, D. : Der bronchiale Strömungswiderstand im
Kindesalter.
Klin. Wschr. 46 (1968), 783 - 786.
- 63 Polgar, G., K. Promadhat : Pulmonary function testing in children.
W.B. Saunders Company, Philadelphia 1971.
- 64 Reed, R.B., H.C. Stuart : Patterns of growth in height and weight
from birth to eighteen years of age.
Pediactrics 24 (1959), 904 - 911.
- 65 Reid, L. : The Lung: Its growth and remodeling
in health and disease.
Amer. J. Roentgenol. 129 (1977),
777 - 788.
- 66 Shephard, R.J. : World Standards of cardiorespiratory
Performance.
Arch. environm. Hlth. 13 (1966),
664 - 672.
- 67 Smith, D.P., R.J. Byrd : Body composition, pulmonary function
and maximal oxygen consumption of
college football players.
J. Sports Med. 16 (1976),
301 - 308.
- 68 Sobolova, V., V. Seliger, : The influence of age and sports
D. Grussova, J. Mahovcoa, training in swimming on physical fitness.
V. Zelenka Acta paediat. scand. 217 (1971),
63 - 67.
- 69 Strang, L.B. : Measurement of pulmonary diffusing
capacity in children.
Arch. Dis. Childh. 35 (1960),
232 - 239.

- 70 Thurlbeck, W.M. : Lung growth and alveolar multiplication.
Amer. Rev. resp. Dis. 111 (1975),
803 - 844.
- 71 Tiemann, F. : Über die Sportlunge.
Münch. Med. Wschr. 83 (1936),
1517 - 1526.
- 72 Ulmer, W.T., G. Reichel, : Die Lungenfunktion.
D. Nolte Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1970.
- 73 Vaccaro, P., D.H. Clarke : Cardiorespiratory alterations in
9 to 11 year old children following
a season of competitive swimming.
Med. Sci.Sports 10 (1978),
204 - 207.
- 74 Vaccaro, P., CH.W. Zauner, : Resting and exercise respiratory
W.F. Updyke function in well trained child swimmers.
J. Sports Med. (Baltimore) 17 (1977),
297 - 306.
- 75 Vossen, J. : Beziehung zwischen intrathorakalem
Gasvolumen, Resistance und Atemmittellage
bei Kindern und Jugendlichen.
Prax. Pneumol. 31 (1977), 89 - 97.
- 76 Weng, T.-Z., H. Levison : Standards of pulmonary function in
children.
Amer. Rev. resp. Dis. 99 (1969),
878 - 894.

10. DANKSAGUNG

Mein Dank gehört in erster Linie Herrn Priv.-Doz. Dr. R. Meister für seine anregende und stets freundliche Unterstützung.

Für die gute Einführung in die praktische Lungenfunktionsdiagnostik bin ich Herrn Dr. K. Wagner mit Dank verbunden.

Fräulein Kollmeier gilt mein besonderer Dank für ihre ausdauernde Hilfe bei der Organisation der Untersuchungen im Lungenfunktionslabor.

Fräulein Niedenführ danke ich für ihre sorgfältige Ausführung der Arbeit in Schrift.

11. LEBENS LAUF

Ich wurde am 4. Juli 1950 als zweites Kind der Eheleute Dipl. Ing. Ulrich Lanzer und PhMr. Olga Lanzer in Prerov geboren.

Die Grundschule und das Gymnasium absolvierte ich in Prag. Nach bestandenen Abitur und einjährigem Medizinstudium an der Karls-Universität wechselte ich zum Sommer-Semester 1970 an die Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg/Breisgau.

Das medizinische Staatsexamen legte ich im Sommer 1976 ab; im Februar 1978 erhielt ich dann die Approbation als Arzt.

Gegenwärtig bin ich in der Medizinischen Klinik des Kreiskrankenhauses in Herford als Assistenzarzt tätig und befinde mich im 3. Ausbildungsjahr als Internist.

